

# The Effect of Acoustic Velocity of Ultrasonographic Equipment Using an N-365 Multipurpose Phantom

Yon-Min Kim,<sup>1,\*</sup> Jae-Goo Shim,<sup>2</sup> Sang-Hyun Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

<sup>2</sup>Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

<sup>3</sup>Department of Radiological Science, Shinhan University

Received: June 20, 2017. Revised: July 15, 2017. Accepted: August 31, 2017

## ABSTRACT

To evaluate the performance of ultrasound imaging system, we investigated the change of spatial resolution according to changing sonic velocity change parameter provided by ultrasound equipment. Ultrasound phantom images were obtained using a 3.0 ~ 5.0 MHz convex transducer in an ultrasound diagnostic device used at a medical institution located at Iksan. N-365 multi-purpose ultrasound phantom was used to measure longitudinal distance measurement accuracy and longitudinal and transverse resolution. In the same manner, the sonic velocity of the ultrasound equipment was changed from 1580 m/sec to 1400 m/sec in six steps, and the full width at half maximum(FWHM) was measured using the image J program to determine whether the measured values were different. As a result, lateral resolution was measured from 1.91 mm to 5.3 mm according to the speed change, and the smallest FWHM was 1.91 mm at 1420 m/sec. The axial resolution was measured from 1.03 mm to 1.14 mm according to the speed change, and the smallest FWHM was 1.03 mm at 1400 m/sec. The slower the sound velocity of the ultrasound equipment, the shorter the length of longitudinal measurement.

Keywords: Ultrasound equipment, Quality control, Full width at half maximum, Ultrasound phantom.

## I. INTRODUCTION

초음파 팬텀영상으로 영상 진단장치를 평가할 근거가 미약하나 현재까지는 팬텀이 가장 객관적인 자료를 제공하므로<sup>[1]</sup>, 초음파장치의 해상도 검사는 특별히 고안된 모의장치나 팬텀을 사용하는 것이 좋으며 정기적으로 시행되어야 한다.<sup>[2]</sup>

2003년에 대한영상의학회와 대한초음파의학회는 ATS-539 다목적 초음파팬텀(ATS Laboratories, Bridgport, CT, U.S.A.)을 초음파표준팬텀으로 정하였으며, 2008년 김 등<sup>[3]</sup>은 ATS-539 다목적 초음파팬텀으로 측정할 수 있는 불응영역, 종 측정, 횡 측정, 종·횡 해상도, 초점, 예민도, 기능적 해상도, 회색도 등 8개 항목을 측정항목으로 선정하고 측정 방법을 제시하였다. 외국의 경우는 초음파 정도관리를 위하여 많은 조직등가(Tissue mimicking material, TMM)

팬텀이 개발되어 있고<sup>[4-6]</sup>, 미국의학물리학회(AAPM)<sup>[7-10]</sup>, 미국초음파의학회(American Institute of Ultrasound in Medicine, AIUM)<sup>[11]</sup> 등 국제적인 조직들은 초음파장치의 정도관리에 대하여 기준을 정하여 시행하고 있다.

인체는 조직마다 고유의 음속을 가지고 있다. 지방 조직은 1480 m/s, 혈액 1520 m/s, 연부조직 1540 m/s, 간 1560 m/s, 근육 1580 m/s 등으로 검사 부위에 따라서 다른 속도를 가진다. 최근의 일부 장치에서는 지방 조직을 검사할 때 검사부위에 맞는 음속 파라미터를 사용하므로써 영상의 질을 개선하는 효과를 입증하고 있다. 이처럼 인체조직마다 고유의 음속을 가지고 있으나 정도관리 시에 장비의 음속 파라미터에 대한 가이드라인은 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 N-365 다목적 팬텀을 이용하여 음속 파라미터 변화에 따른 정도관리 평

\* Corresponding Author: Yon-Min Kim

E-mail: kimyonmin@wu.ac.kr

Tel: +82-63-840-1238

가의 기준을 재설정하여야 하는지 필요성을 알아보고자 하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

익산 소재 A기관에서 사용 중인 초음파 진단장치인 GE LOGIQ E9(GE Healthcare, USA)을 사용하였고, 3 ~ 5 MHz의 블록형 탐촉자를 이용하여 복부검사용 프로토콜로 팬텀영상을 얻었다. 픽셀 수는 720 x 960을 사용하였고, 실험 영상의 깊이가 12 cm 일 때 픽셀 사이즈는 0.2309 mm 이었다.

Fig. 1은 본 실험에 사용된 N-365다목적 팬텀 영상이다. 재질은 우레탄 엘라스토머, 아크릴, 나일론(Urethane elastomer, acryl, nylon) 등으로 되어 있으며, sonic velocity가 섭씨 25°C 에서 1432 m/s, 감쇄계수는 0.59 dB/cm/MHz (25°C)이고, 음향저항은 1.38 Rayl(25°C)이다.

실험 방법으로는 초음파 장비의 속도를 1580 m/s, 1540 m/s, 1500 m/s, 1460 m/s, 1420 m/s, 1400 m/s 까지 6단계로 변화를 적용시켜 총 측정 거리정확도를 측정하였다. 초음파 빔에 수직으로 위치해 있는 1 ~ 7 cm 까지 거리를 측정하는 것으로, image J 프로그램을 이용하여 정해진 관심영역 안에서 두 필라멘트의 최대 밝기 값을 가지는 좌표의 행과 열을 구하여, 식 1과 같이 화소의 크기에 측정점 간의 화소 수를 곱하여 거리를 측정 하였다. 이때 초음파 장비의 속도변화에 따른 측정 결과 값의 차이가 있는지를 분석하였다.

$$D(mm) = pixel\ size \times pixel\ number \quad (1)$$

같은 방법으로 7단계의 음속을 변화시키면서 축 분해능(axial resolution)과, 측 분해능(lateral resolution)을 측정하였다. 이때 분해능은 반치폭(Full width at half-maximum; FWHM)을 측정하여 비교하였다.

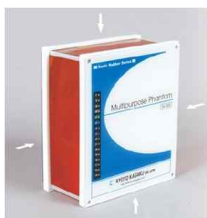


Fig. 1. N-365 multi-purpose ultrasound phantom.

## III. RESULT

초음파 음속을 1580 m/s로 적용하여서 1 cm부터 7cm까지 거리를 측정하였을 때 59.24 mm가 측정되었다.

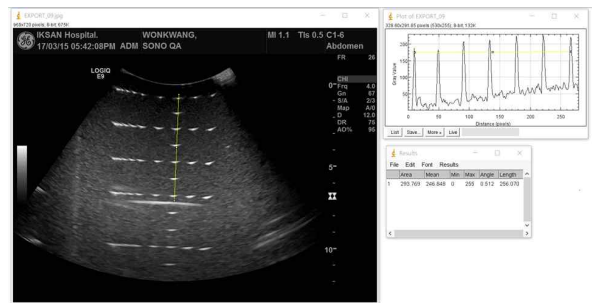


Fig. 2. The image of vertical measurement.

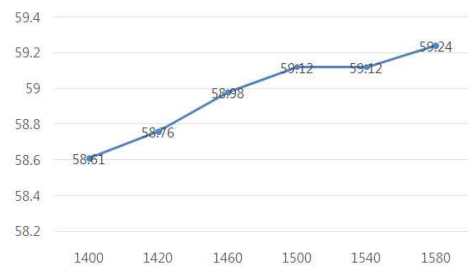


Fig. 3. Distance measurements according to speed of sound change.

같은 방법으로 1540 m/s를 적용하면 59.12 mm로 측정되었고, 1400 m/s를 적용하면 58.61 mm로 측정되었다. 음속파라메타 변화에 따른 측정거리는 장비의 음속이 증가할수록 측정거리가 길게 측정되는 양의 상관관계를 보였다.

7단계의 음속을 변화시키면서 축 분해능과, 측 분해능을 측정한 값은 Fig. 4와 같다. 측 분해능은 장치의 음속 변화에 따른 큰 영향을 보이지 않는 반면에, 측 분해능은 음속 1420 m/s를 적용하였을 때 1.91 mm로 가장 작게 측정 되었고, 1620 m/s를 적용하였을 때 5.3 mm로 가장 크게 측정되어, 초음파 팬텀이 가지는 고유 음속과 일치시켰을 때 가장 좋은 분해능 향상을 확인할 수 있었다. Fig. 5는 점퍼짐 정도를 장비의 음속변화에 따라 얻은 사진이다. 육안으로 보기에 점퍼짐이 속도가 빨라질수록 더 퍼져 보이는 것을 확인할 수 있다.

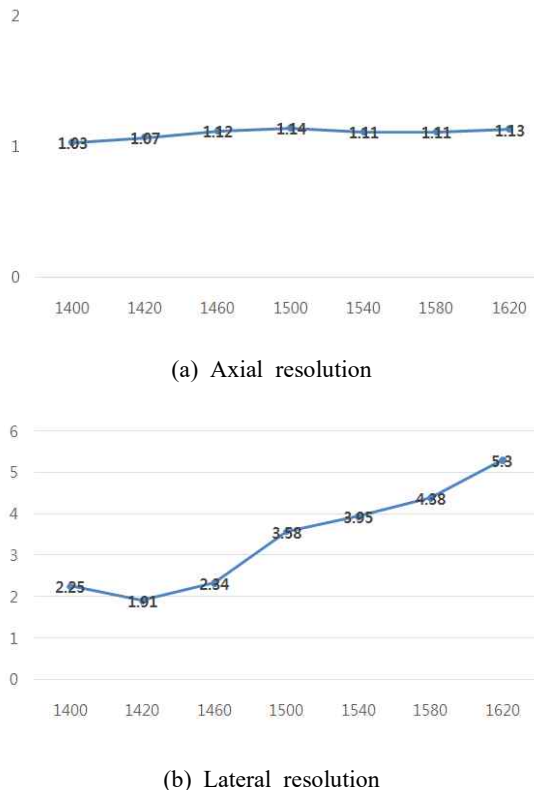


Fig. 4. Full width at half-maximum measurements according to speed of sound change.

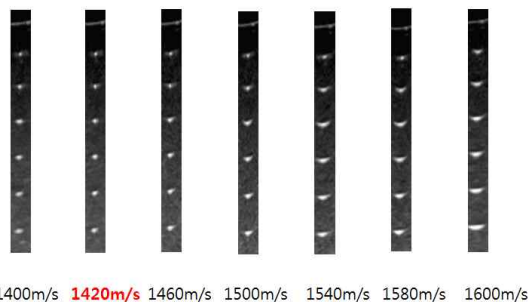


Fig. 5. Images show the point spread function according to the speed of sound change.

#### IV. DISCUSSION

초음파검사는 다른 검사와 달리 특별한 검사 전 처치가 필요하지 않고 검사 방법도 비교적 쉬워 간편하게 시행할 수 있다. 초음파검사는 검사자의 숙련도도 중요하지만 영상의 질이 질병의 진단에 직접적인 영향을 미치므로 초음파영상진단장치의 장비에 대한 정도관리는 중요하고 정기적으로 시행되어야 한다.<sup>[12]</sup>

정도관리는 인력검사, 시설검사, 장비검사, 임상 영상검사로 나누어지며 이중 장비검사에 대한 평가가 가장 단시간 내에 이루어질 수 있다. 그러나 법제화가 이루어진 CT, MRI, 유방촬영기 등과 달리 초음파영상진단장치에 대한 기준마련은 되어있지 않은 상태여서 초음파가 보험화되기 전에 기준이 확립되기를 바라고 있으니<sup>[13]</sup>, 팬텀영상평가와 임상적 진단율이 비교되지 않아 팬텀영상으로 초음파 영상진단장치를 평가할 근거가 미약하다. 하지만 현재까지는 팬텀이 가장 객관적인 자료를 제공하므로 이러한 이유에 따라 표준팬텀으로 정도관리를 하고 있다.

Dudley<sup>[14]</sup>의 연구에 의하면 팬텀의 낮은 전파속도에 의해서 측 방향 반치폭이 현저히 증가한다고 하였다. 그의 실험에서 초음파의 전파속도가 1450 m/s 인 10°C 물과 ATL 539팬텀, 전파속도가 1540 m/s 인 50°C 물과 ATS 520 하이드로젤(hydrogel) 팬텀과의 비교실험에서 측 방향 반치폭이 1540 m/s 그룹에 비해 최대 3배 이상 증가하는 것을 확인하였다. 매질의 전파속도 6% 차이에 의한 결과라고 주장하였다. 본 연구와 결과를 비교해보면 1460 m/s에서는 2.34 mm, 1540 m/s에서는 3.95 mm로 측정되어 1.68배의 차이를 보였다. 초음파 장치의 음속과 다목적 초음파 팬텀이 가지는 고유 음속의 차이가 측정 값에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

Browne<sup>[15]</sup> 등의 “영상 질의 객관적 평가” 연구에서는 초음파의 영상 파라미터에 의해서 분해능이 변화한다고 하였다. 그는 연구에서 복부용 탐촉자로 conventional B-mode, tissue harmonic imaging, spatial compound imaging(Sono CT), harmonic spatial compound imaging(HSono CT) 4가지 파라미터의 측 방향 반치폭을 비교하였을 때 harmonic, B-mode, H Sono CT, Sono CT 순으로 측 방향 반치폭의 크기가 증가하는 것을 확인하였다. Harmonic 영상은 공간 분해능의 개선 효과가 있는 반면에 투과 깊이가 감소하는 단점이 있고, Sono CT는 측 방향 공간분해능이 낮은 반면에 낭성구조물의 검출과 대조도 분해능이 개선되는 장점이 있다고 하였다. 본 연구에서는 음속 변화만을 단일 인자로 측정하였으므로 다른 파라미터의 변화를 적용하지 못하였으며

향후에 추가적인 연구를 통하여 분해능 측정에 영향인자 비교가 필요할 것으로 생각된다.

## V. CONCLUSION

초음파정도관리 항목 중에서 거리측정 정확도는 초음파팬텀의 음속과 초음파장치의 음속 차이에 따라 다른 측정값을 나타냈다. 최근의 장비는 초음파의 음속을 변화시킬 수 있는 장비가 있어서, 음속 파라미터를 변화시키면 측정거리의 변화와 점퍼짐의 왜곡이 발생하는 것을 본 연구를 통하여 확인하였다. 따라서 초음파 장치의 정도관리 시에 적합, 부적합 여부를 결정할 때 범위의 재설정이 필요하다는 것을 알 수 있었으며, 항상 일관된 셋팅으로 정도관리를 진행해야 그 의미가 있을 것으로 사료된다.

## Reference

- [1] MM. Goodsitt, PL. Carson, S. Witt, DL. Hykes, JM. Jr. Kofler, "Realtime B-mode ultrasound quality control test procedures: Report of AAPM ultrasound task group No. 1," *Medical Physics*, Vol. 25, pp. 1385-1406, 1998.
- [2] EL. Madsen, "Quality assurance for grey-scale imaging," *Ultrasound in Medicine and Biology*, 26 Supplement 1:S48-S50, 2000.
- [3] P. N. Kim, J. W. Lim, H. C. Kim, Y. C. Yoon, D. J. Sung, M. H. Moon, J. S. Kim, J. C. Kim, "Quality Assessment of Ultrasonographic Equipment Using an AT5-539 Multipurpose Phantom," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 58, No. 5, pp. 533-541, 2008.
- [4] N. J. Dudley, NM. Gibson, MJ. Fleckney, PD. Clark, "The effect of speed of sound in ultrasound test objects on lateral resolution," *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 28, No. 11, pp. 1561-1564, 2002.
- [5] M. Mokhtari-Dizaji, "Tissue-mimicking materials for teaching sonographers and evaluation of their specifications after three years," *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 27, No. 12, pp. 1713-1716, 2001.
- [6] J. E. Browne, K. V. Ramnarine, A. J. Watson, P. R. Hoskins, "Assessment of the acoustic properties of common tissue-mimicking test phantoms," *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 29, No. 7, pp. 1053-1060, 2003.
- [7] JM. Jr. Kofler, "Quality Assurance of Ultrasound Imagers: Procedures, Expectations, and Philosophies," *AA PM 43rd Annual Meeting*, 2001.
- [8] P. L. Carson, A. Fenster, "Evolution of ultrasound physics and the role of medical physicists and the AAPM and its journal in that evolution," *Medical Physics*, Vol. 36, pp. 411-428, 2009.
- [9] S. Larson, D. Pfeiffer, *Ultrasound QC workshop*. AAPM. 2007.
- [10] F. L. Zheng, *QA/QC Ultrasound image*. AAPM. 2003.
- [11] M. Rockville, "American Institute of Ultrasound in Medicine, Quality Assurance Manual for Gray-Scale Ultrasound Scanners," *AIUM Publications*, 1995.
- [12] J. Y. Meuwly, "Quality control in ultrasonography," *Therapeutische Umschau*, Vol. 54, No. 1, pp. 37-43, 1997.
- [13] S. Y. Chung, H. D. Kim, "Quality Assurance of Ultrasonic Diagnosis in Breast," *Journal of Korean Society of Ultrasound in Medicine*, Vol. 25, pp. 55-60, 2006.
- [14] N. J. Dudley, N. M. Gibson, M. J. Fleckney, P. D. Clark, "The effect of speed of sound in ultrasound test objects on lateral resolution," *Ultrasound in Medicine and Biology*. Vol. 28, pp. 1561-1564, 2002.
- [15] J. E. Browne, A. J. Watson, N. M. Gibson, N. J. Dudley, A. T. Elliott, "Objective measurements of image quality," *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 30, No. 2, pp. 229-237, 2004.

## N-365 다목적팬텀에서 초음파진단장치의 음속변화 효과

김연민,<sup>1,\*</sup> 심재구,<sup>2</sup> 김상현<sup>3</sup>

<sup>1</sup>원광보건대학교 방사선과

<sup>2</sup>대구보건대학교 방사선과

<sup>3</sup>신한대학교 방사선학과

### 요 약

초음파영상 진단장치의 성능을 평가할 때, 초음파장비에서 제공하는 음속변화 파라메타를 변화시킴에 따른 공간분해능의 변화를 알아보려고 하였다. 익산 소재 A기관에서 사용중인 초음파 진단장치에서 3.0 ~ 5.0 MHz 볼록형 탐촉자를 이용하여 초음파팬텀영상을 얻었다. N-365 다목적 초음파팬텀으로 종거리 측정 정확도, 종·횡 해상도를 측정하였다. 같은 방법으로 초음파장치의 음속을 1580 m/sec부터 1400 m/sec 까지 6 단계로 변화시켜 측정 값의 차이가 있는지 image J 프로그램을 이용하여 반치폭을 측정하였다. 측정 결과, 횡측해상도는 속도변화에 따라 1.91 mm ~ 5.3 mm까지 측정되었으며, 음속 1420 m/sec 일 때 반치폭 1.91 mm로 가장 작게 측정되었다. 종측해상도는 1.03 mm ~ 1.14 mm까지 측정되었으며, 음속 1400 m/sec 일 때 반치폭 1.03 mm 로 가장 작게 측정되었다. 초음파장치의 음속이 느려질수록 종측정 길이가 짧아지는 상관 관계를 보였다.

중심단어: 초음파진단장치, 정도관리, 반치폭, 초음파팬텀